

医療産業のライフライン 重要な電力システム

パークランド病院
テキサス州 アメリカ合衆国

概要

現代の医療産業は、これまで以上にクリーンで常時使用可能な電力に依存しています。巨大な病院のデータセンターから小規模な医用画像処理室まで、さまざまな施設が、質の高い、手頃な価格の患者治療を保証するために電力を必要としています。

ますます多くの施設が、無停電電源装置（UPS）を電気システムに追加し、法規制で指定された非常用電源システムを補完しています。UPSシステムは、有害な電力障害を軽減し、非常用電源システムが稼動するまでのつなぎとして、短期間のバックアップ電力を提供します。

本稿では、医療施設が UPS システムを評価する際に検討すべき主な事項について説明し、従来のバッテリーベースのシステム、ActivePower社のCLEANSOURCE[®] PLUS UPS およびCLEANSOURCE[®] HD UPS の両方を評価します。

テキサス州のパークランド病院では、ActivePower社のCLEANSOURCE[®] テクノロジーを使用しています



医療産業の現状とトレンド

現代の医療産業は、先進国の中で最も規模が大きく、最もコストのかかる取り組みかもしれません。非常に細分化された産業であり、医療制度は国によって異なりますが、質の高い医療サービスに対する需要は世界中で高まっています。医療とテクノロジーの進歩が、医療機関の改善を後押ししています。このような技術的改善に伴う業務効率化は、営利組織の収益性に不可欠であり、非営利組織が改善や拡大に必要な助成金や国の資金を獲得するためにも役立ちます。

医療産業の将来を形作る重要なトレンドは数多くありますが、おそらく最も重要なのは、将来の患者ケアにおいて「ビッグデータ」とその分析が果たす重要な役割でしょう。ビッグデータは、患者ケアを改善し、より費用対効果の高い方法で提供する方法について貴重な洞察を得るために分析されています。無数のソースからのデータが統合され、より効果的な診断と治療のために患者の問題をより完全に把握できるようになっているのです。

過去10年間、医療産業では技術の進歩が主流を占め、病気や怪我の診断・治療方法の改善につながりました。こうした進歩を可能にした重要な技術や手法（医療機器、画像診断、計測器、制御装置、ソフトウェア、データ収集・分析）の多くには、医療産業の生命線である電力品質という絶対的な共通要件があります。

医療産業が懸念する電力品質

医療機関が質の高い患者ケアを提供する上で、テクノロジーの影響はますます大きくなっています。このような技術の多くは高品質の電力に依存しているため、業界では電力品質が果たす役割にますます注目が集まっています。

- ▶ 医療施設の設計、建設、維持管理
- ▶ 医療機器の識別、選択、設置、メンテナンス
- ▶ 患者情報の収集と分析に対する膨大な需要に対応するための医療データセンターのアップグレードと拡張

これらの分野に電源品質ソリューションを取り入れる努力を早期に行うことで、患者ケアサービスの致命的な中断や、医療機器のダウンタイムに関連する多額のコストを最小限に抑えることができることは、これまでの経験から実証されています。

機器の故障リスクを低減する一番の理由は患者の安全ですが、医療管理者は収益も考慮しなければなりません。電氣的な障害により診断や検査が繰

り返され、医療用品が無駄になり、高額なサービスや修理が必要になることがあります。機器の故障を最小限に抑え、稼働時間を最大化することが優先事項です。

電子医療機器が導入される以前は、よくある電氣的な障害は医療業務にとってさほど重要ではありませんでした。しかし、病院、診療所、介護施設、検査室、手術室などにある最新の機器や、これらの施設をサポートするデータセンターのIT機器は、電氣的・電磁的障害の影響を受けやすくなっています。業界のデジタル化と電子カルテの利用の加速に伴い、病院やその他の医療施設は、患者ケアの改善、効率性の向上、コスト削減を支援するため、デジタルテクノロジーへの依存度を高めながらデータセンターへの転換を進めています。

電力システムの故障は、医療施設の中心的な使命に影響を及ぼし、多くの悪影響をもたらす大きなリスクを生じさせます。

- ▶ 患者の安全性の低下
- ▶ 患者の快適性の低下と誤診
- ▶ 医療データの損失
- ▶ 機器のダウンタイムとメンテナンス費用
- ▶ エネルギーの浪費
- ▶ 機器が使用できないことによる収益の損失

世界の医療機関の40%が過去12ヶ月間に計画外の停電を経験しており、中でも電源の喪失がその主な要因の一つで、1件当たりのコストは432,000ドルとなっています。

電力品質の障害

重要な電気システムに影響を及ぼす電力品質障害は、多くの方式で分類されています。米国電気電子学会（IEEE）は、図1に示す9つの電力問題を規定しています。

上記の電力問題のいずれかが、医療機器（CT、MRI、X線、PETなど）や、データセンターのネットワーク、サーバー、ストレージ機器などの情報技術システムの誤動作や故障を引き起こす可能性があります。

電力障害			定義	原因
1	停電		商用電源の完全な喪失	落雷、送電線のトラブル、送電網での過剰需要、事故、自然災害などで起こります
2	瞬低		短時間の電圧低下	大きな負荷の起動、商用電源の切替、ユーティリティ機器の故障、落雷、電力サービスが電力需要を満たすのに不十分な場合に起こります
3	サージ		短時間の電圧上昇	落雷によって引き起こされることがあり、線間電圧が6000ボルトを超えるレベルまで上昇することもあります
4	低電圧		長期的な低電圧 (数分から数日)	電力需要のピーク時や供給量力を超える高負荷時に電力会社が電圧を下げることで発生することがあります
5	過電圧		長期的な高電圧 (数分から数日)	電力負荷の急激な減少、大きな負荷容量の電源オフ、または電力会社のスイッチングによって引き起こされます
6	ラインノイズ		電磁干渉によって 引き起こされる高周波波形	トランスミッター、溶接装置、SCR駆動プリンター、雷などによって発生するRFIまたはEMI干渉が原因となります
7	周波数変動		周波数安定度の変動	発電機または小型コージェネレーションサイトの負荷の掛け外しによって生じます
8	スイッチング 過渡現象		瞬間的な不足電圧 (ノッチ)	通常、持続時間はサージより短く、一般的にナノ秒の範囲に収まります
9	高調波歪み		一般的には非線形負荷によって 伝送される通常の直線波形のゆがみ	スイッチング電源、可変速度モーター及びドライブ、コピー機、FAX機が非線形負荷の例となります

表1. 電力品質障害の種類

必要不可欠でミッションクリティカルな 電力システムへの電源供給

非常用電源は、人命の安全に不可欠なシステムに対して、米国電気工事規定（NEC）によって義務付けられています。NECの700.12条では、停電から10秒以内に非常用電源が利用できるようにしなければならないと定めています。最新の非常用発電機は、この要件を満たすように設計されています。

医療施設では、法規制を超えて、無停電電源装置（UPS）を使用し、常に電力を利用できるようにしています。UPSシステムは、医療施設において2つの重要な役割を果たします。第一に、施設の電気システムに変動負荷を与える画像診断システムなど、電力設備または医療機器自体によって発生する電氣的障害を緩和することです。第二に、エネルギー貯蔵により施設に継続的な電力を供給することです。

以前は、停電が発生しても、非常用発電機が始動するまでの時間は許容範囲でした。今日では、適切な患者ケアには遅れは許されません。近代的な医療施設では、患者ケア、機器の可用性、データ保存、データへのアクセスが10秒の間でも中断しないよう、機器や冗長化を活用しています。UPSは、商用電源の障害と非常用発電機起動のギャップを埋める重要な製品となっているのです。

CLEANSOURCE® PLUS FLYWHEEL



高さ：112mm
直径：648mm
重量：272kg
エネルギー量：6.25MJ
(負荷333kW時で18秒間)

CLEANSOURCE® HD FLYWHEEL



高さ：318mm
直径：648mm
重量：771kg
エネルギー量：12.65MJ
(負荷675kW時で15秒間)

図 2. CLEAN SOURCE® PLUS と CLEAN SOURCE® HD のフライホイール

UPSの設計

医療機関に導入される UPS システムには主に 2 つのタイプがあります。それらは、電力品質トポロジーと使用されるエネルギー貯蔵方法の両方が異なります。

ダブルコンバージョン

ダブルコンバージョンのUPSシステムは、IT負荷を無調整の商用電力から完全に切り離します。その名前が示すように、これらのシステムは通常の動作条件下で商用電力を2回変換します。最初はACからDCに変換し、次にDCから調整されたACに戻します。ダブルコンバージョンUPSシステムは、商用電源が利用可能で障害が発生していない通常運転中であっても、常に調整されたACを負荷に供給します。ほとんどのダブルコンバージョンシステムは、非常用電源へのつなぎに使用されるエネルギー貯蔵を提供するために、バルブ制御鉛蓄電池 (VRLA) としてよく知られている化学電池を使用しています。

パラレルオンライン

パラレルオンラインのUPSシステムは、インバータと充電回路または変圧器をAC商用電源と並列に配置します。この設計により、パラレルオンラインUPSは、入力商用電源の過電圧または電圧低下を補正し、適切なエレクトロニクスにより、過渡現象、電圧変動、またはその他の障害を排除することができます。商用電源が利用できない、または許容できない範囲に達した場合、パラレルオンラインUPSは貯蔵エネルギーモードに入ります。UPSは商用電源から負荷を切り離し、スタティックスイッチでこの負荷をバックアップ電源に迂回させます。

ActivePower社の CLEAN SOURCE® PLUS UPS および CLEAN SOURCE® HD UPS システムは、パラレルオンライン設計の代表例です。各UPS

の中核には、摩擦の少ない環境でコンパクトなローターを常に回転させることで、運動エネルギー（運動によって生成されるエネルギー）を蓄積するフライホイールマシンが内蔵されています（図2参照）。商用電力が変動したり失われたりして短期的なバックアップ電力が必要になった場合、フライホイールの慣性によってローターが回転し続け、その結果生じる運動エネルギーが電力に変換されます。フライホイールはバッテリーのエネルギー貯蔵の代わりとなり、医療用途のニーズに適した、より小型で信頼性が高く、経済的なソリューションを提供します。

UPSの選択に関する考慮事項

それぞれの医療施設に最適なUPSを選択するために、多くの要素のバランスを取る必要があります。これらの考慮すべき事項には次のようなものがあります。

- ▶ 蓄電の方式
- ▶ 電力保護
- ▶ 信頼性
- ▶ 設置面積
- ▶ 総所有コスト (TCO)

エネルギーの貯蔵方法

従来のUPSシステムは、非常用電源がオンラインになるまでの時間を確保するために、VRLAバッテリーを使用して数分間エネルギーを貯蔵します。バッテリーは大量の電力を経済的に貯蔵できる一般的な技術ですが、医療施設での設置には限界があります。

第一に、バッテリーは頻繁な充電/放電で消耗し、エネルギーの貯蔵能力を維持するためには、通常の使用では4~6年ごとに交換する必要があります。UPSが頻繁に稼働する医療施設では、もっと頻繁に交換する必要があるかもしれません。

第二に、バッテリーは正確に25°Cで空調管理された環境に設置され、維持されなければなりません。この温度を上回ったり下回ったりすると、耐用年数が著しく低下する可能性があります。そのため、一般的にバッテリーが設置されている部屋専用の冷却システムを追加する必要があり、その冷却システムを稼働させるための電気代が増加します。

第三に、バッテリーを安全に設置・維持するためには特別な配慮が必要です。また、バッテリーがもたらす危険のために、規制・許可機関から特別な許可や承認を必要とする場合もあります。

バッテリーと比較して、CLEANSOURCE®フライホイールには多くの明確な利点があります。CLEANSOURCE®フライホイールは、何回放電しても補償時間が低下しません。フライホイールは、20年の耐用年数の間、頻繁に負荷を保護するために放電することができますが、それでも初日と同じ量の蓄積エネルギーを提供します。このことより、大幅な利便性とコスト削減が実現します。

CLEANSOURCE®フライホイールは、性能に影響を与えることなく、0°Cから40°Cまでの広い周囲温度の動作範囲を保証します。これにより、冷却にコストがかかる場所や冷却できない場所にもUPSを設置でき、施設の利便性と柔軟性が向上します。また、CLEANSOURCE® UPS は、より高い周囲温度でも排熱を抑えて動作できるため、冷却設備の負荷とコストを大幅に改善できます。

最後に、バッテリーを使用しない設計により、従来のUPSソリューションと比較して、換気や火災に対する安全性確保の設備などの設置コストや運用コストを削減できます。これにより、UPS導入の簡素化と柔軟性が向上し、規制・許可機関の懸念が緩和される可能性があります。

電力保護

ダブルコンバージョンとパラレルオンラインUPSシステムの両方が、電力品質障害を処理する適切な方法です。図3に示すように、CLEANSOURCE® UPS は、フライホイール

によって実現される真の平行オンライントポロジを特徴としており、医療施設が直面するあらゆる種類の電力品質の問題に対応します。CLEANSOURCE® UPS の出力は、負荷の電圧を生成する高速 IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）インバータに直接接続されています。

インバータは60 Hzの100倍以上の速度でスイッチングするため、出力電圧の正弦波をサブサイクル単位で補正することができます。つまり、IEEEで定義された9つの電源障害のいずれかがCLEANSOURCE® UPSの入力によって検出されると、過渡電圧サージサプレッサ (TVSS)、ラインインダクタンス、アクティブフィルタリング、コンバータ、および負荷耐性のあるフライホイールエネルギー貯蔵を使用して、能動的に補正されます。

しかし、医療施設特有の問題として、CTスキャンなどの画像処理装置が施設の電力品質に与える影響があります。これらの機器は、アイドル時にはほとんど電力を使用しませんが、稼働時には膨大な負荷容量を使用します。このため、施設の電源システムには大きなステップ負荷が発生し、管理しなければ停電を引き起こしたり、機器を損傷したりする可能性があります。これらの負荷に対処する従来の方法は、UPSとそれをサポートする機器のサイズを大きくすることです。これは、コストの上昇、エネルギー効率の低下、およびUPSとバッテリーエネルギーの貯蔵を増やすための無駄なスペースにつながります。

CLEANSOURCE® UPS の設計は、オーバーサイズにすることなく従来のUPSよりも、これらのステップ負荷や過負荷をよりよくサポートします。CLEANSOURCE® UPS の平行オンライン設計は、従来のUPSよりも重要な電力経路のコンポーネントが少ないため、大きな電力変動をより効果的に処理できます。CLEANSOURCE® UPS は、定格負荷の200パーセントを超える過負荷を最大10ミリ秒までサポートするため、従来の代替品よりも少ないリスクと少ないコストでこれらのシナリオに対処できます。

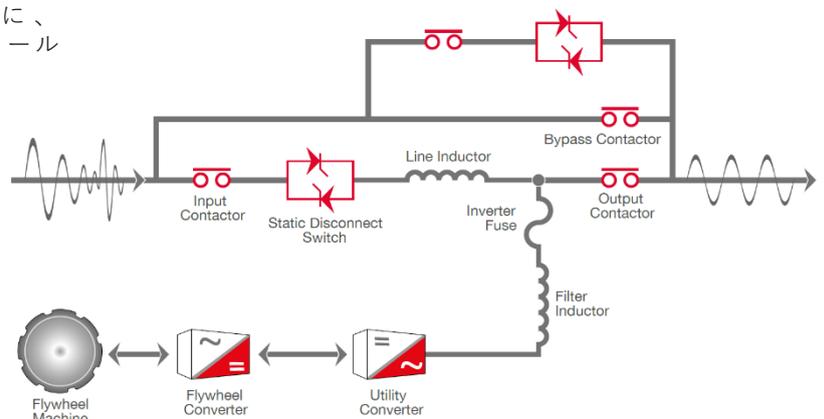


図3. CLEAN SOURCE® PLUSの
パラレルオンラインアーキテクチャ

信頼性

医療施設におけるUPSの可用性に経済的および人的な利害がかかっていることを考えると、システムの信頼性は重要な基準です。

ほとんどの従来のUPSシステムの弱点はバッテリーです。バッテリーの故障は、UPSの負荷損失とシステム停止時間の主な原因であり、全停電の3分の1以上を引き起こします⁴。バッテリーは、経年劣化、充電状態、充放電、および休止期間によって予測不可能な故障を起こし、信頼性が低下します。

CLEANSOURCE® UPS の中核にあるフライホイール型のエネルギー貯蔵は、本質的に信頼性が高く、予測可能で安定したバックアップ電力を供給します。CLEANSOURCE® UPS は通常状態では、フライホイールが常に回転し、運動エネルギーを蓄積しています。商用電源の停電やその他の電力品質の障害発生時に必要になる時には、フライホイールは負荷を引き受ける準備ができています。MTechnology, Inc.の調査によると、ActivePower社のCLEANSOURCE® UPSは、10秒未満の短時間の停電において、従来のバッテリー式UPSと比較して電気システム障害のリスクを80%低減できることが示されています。

設置面積

UPSが必要とする物理的スペースも重要な考慮事項です。UPSやその他のバックアップ電源システムに必要な設置面積は、多くの場合、施設のミッションにとってより中心的な機器に使用した方がよい場合や、UPSを設置するために施設に余分なコストが発生する場合があります。

CLEANSOURCE® PLUS UPS およびCLEANSOURCE® HD UPS は、従来のバッテリー式UPS技術よりも大幅に電力密度が高くなっ

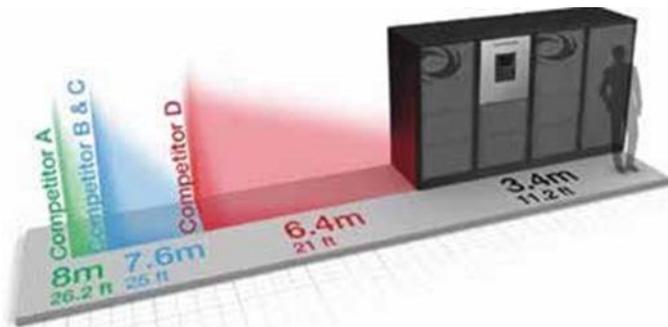


図 4. 公開されている仕様に基づく4つの標準的なバッテリー盤を備えた750 kVA (480V) 及び625 kVA (400V) とCLEANSOURCE® HDの設置面積の比較

ています。図 4に示すように、従来の主要な UPS の約半分の床面積しか必要としません。電力密度が医療施設にもたらすメリットは大きいです。病院やその他の施設では、電気インフラに必要なスペースを削減できるため、患者ケアやスタッフ用機器を追加するためのスペースを確保できます。プロジェクトの初期段階でUPSを小型化すれば、土地の購入や建物の建設が少なくて済むため、大幅なコスト削減が可能になります。また、設置面積が小さければ、電源保護のアップグレードを検討している既存の施設にUPSを追加することも容易になります。

総所有コスト

UPSシステムの経済的価値の最も徹底的な尺度は、購入価格、設置コスト、および施設の適切な期間にわたる長期運用コストを評価する総所有コスト (TCO) です。TCOは一般的に5年または10年で評価されるため、システムの耐用年数にわたる完全な経済効果を見積もることができます。

UPSのTCOを決定する要因はいくつかあります。

主要なTCOの要因

二次的な要因

主要なTCOの要因	二次的な要因
装置の費用	フロアスペースの費用
設置費用	冷却設備の導入費用/電気代
UPS 効率	バッテリーのモニタリング
電気代	
交換部品の費用	
メンテナンス費用	

フライホイール式UPS システムの主な利点は、その動作効率です。ほとんどのダブルコンバージョン UPS の効率が 94 ~ 96%であるのに対し、CLEANSOURCE® UPS は全負荷で 98%の効率で動作します。この効率の差は、すぐに大きなコスト削減につながります。一例として、1MWの負荷を1kWhrあたり0.10ドルで保護するUPSシステムの場合、効率に2%の差があれば、年間20,000ドル以上の節約になります。さらに、バッテリーの温度を一定に保ち、UPSの廃熱をなくすために必要な冷却をなくすことで、年間6,000ドルの節約になります。

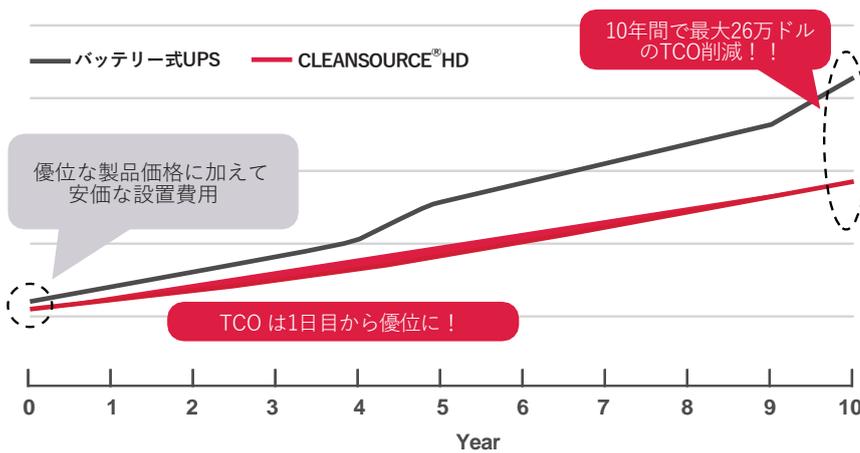


図5. CLEANSOURCE® HD UPS とバッテリー式UPS のTCO比較

比較条件：1 MWの負荷容量で2N の設計
 CLEANSOURCE® HD: 効率 96%
 比較対象UPS: 効率 93%、
 6分間補償VRLAバッテリー、5年ごとの交換
 電気代：\$0.10/kWh

フライホイールのエネルギー貯蔵自体が、ライフサイクルを節約する第二の主な要因になります。従来のUPSで使用される鉛蓄電池システムは、通常10年間で2回の交換が必要です。675 kWのシステムでは、1回の交換は通常75,000ドルを超えます。対照的に、CLEANSOURCE® UPS のフライホイールの寿命は20年であるため、10年間で150,000ドル以上の節約になります。

図5に示すように、CLEANSOURCE® UPSは、同等の従来型UPSシステムと比較して、年間運転費用を50%以上削減し、10年間で合計260,000ドル以上の削減を実現します。CLEANSOURCE® PLUS UPSとCLEANSOURCE® HD UPSのライフサイクルコスト削減の合計は、初期コストの競争力と相まって、医療市場にとって理想的な選択肢となっています。

ケーススタディ パークランド病院

パークランド病院は米国最大級の病院建設プロジェクトで、250万平方フィートの敷地に862室の個室の病室を持っています。工事は2014年8月に完了し、2015年夏には患者の診療が開始されました。この病院の主な設計目標は、二酸化炭素排出量が少なく、エネルギー効率の高い持続可能な地域資源を創造することと、同時に信頼性の重要性を失わないことでした。重要なバックアップ電源システムは、新しいデータセンターとイメージングセンターの両方を保護しています。

その要件を満たすため、パークランド病院は10台のActivePower社のCLEANSOURCE® UPSシステム（合計29台のフライホイール）を導入し、最も重要なオペレーションの100%の稼働時間を確保することにしました。フライホイール式UPSは、電力品質問題や瞬低・停電が頻繁に発生する医療アプリケーションに最適です。

CLEANSOURCE® UPSシステムは、非常用発電機への引継ぎを無瞬断で行い、常に電力を確保できます。また、このシステムは、高いエネルギー効率とリサイクル材料の使用により、同病院が米国グリーンビルディング評議会のLEEDシルバー認証を取得する一助となります。

パークランド病院がCLEANSOURCE® UPSを選じた決め手は、主要な競合製品に比べてエネルギー効率が高く、総所有コストが優れていることでした。CLEANSOURCE® UPSを使用することで、効率が高く、冷却要件が低いため、パークランド病院の電気代は年間90,000ドル以上節約できると推定されています。さらに、バッテリーを交換する必要がないため、CLEANSOURCE® UPSを使用することで、5年ごとに約800,000ドルのバッテリー交換が不要になります。

ActivePower社のUPSは、パークランド病院の電源保護に関するすべての要件を1つのソリューションに統合しており、効率的で信頼性が高く、環境に優しく、総所有コストを低く抑えることができます。



ActivePower社のUPS技術は従来のシステムに比べて 少ない二酸化炭素排出量と高いエネルギー効率を持つ 先進的な電力インフラ設計の導入を可能にします

Lou Saksen, SVP, Facilities Planning and Development,
Parkland Health and Hospital.

結論

現代の医療施設は、質の高い経済的な患者ケアを提供するために、ITと先進的な医療機器に依存しています。そして、その設備は電力の利用可用性に依存しています。法規制によって必要とされる非常用電源システムに加えて、医療施設は継続的な運用を保証するためにUPSシステムを追加しています。

ActivePower社のCLEANSOURCE[®] UPSシステムは、電力の中断が許されない医療アプリケーションの特定の要求には理想的なシステムです。医療機器や病院のデータセンターで必要とされる電力品質を提供することが実証されており、このような用途に理想的な性能と経済的メリットをもたらします。

現代の医療施設で必要になる重要な電源システムで使用されるUPSにフライホイール型のエネルギー貯蔵を使用することで、この業界の主要な懸念事項に対処することができます。ActivePower社のフライホイール式のCLEANSOURCE[®] UPSシステムは、従来のバッテリー式UPSシステムと比較して、安全性、信頼性が高く、所有および運用コストが低いことが明確に証明されています。



activepower.com

SSC 西華産業株式会社
SEIKA CORPORATION

東広島支店

〒739-2208 広島県東広島市河内町入野11265-1
TEL:082-420-7001 FAX:082-437-0111

<http://www.seika.com>